

## BETON DE FIBRES METALLIQUES

### *Introduction*

La présente invention concerne un mélange de béton de fibres métalliques pour la fabrication d'éléments en béton, notamment pour applications structurelles.

### *Etat de la technique*

Les constituants du béton sont très fragiles sous l'effet des contraintes de traction et des charges d'impact, et il a donc toujours fallu renforcer le béton pour tenir compte de ce manque de ductilité. Dans de nombreux cas, l'élément de béton est gardé intact au moyen d'une armature de barres crénelées ou de treillis. Dans certaines applications, des fibres sont également employées, généralement en complément de l'armature traditionnelle.

Dans la pratique, le recours nécessaire à de telles armatures est plutôt contraignant, notamment dans les constructions dans lesquelles les éléments de béton sont coulés sur place en coffrage. Lors de la réalisation de dalles de plancher dans un bâtiment par exemple, le façonnement et le positionnement des barres d'acier ou treillis dans le coffrage sont des opérations complexes et requièrent, dans le planning de chaque étage du bâtiment, une durée de réalisation considérable.

Afin de pouvoir se passer d'armature traditionnelle dans la réalisation de planchers, il a été proposé de réaliser des dalles uniquement renforcées de fibres métalliques.

Une technique de ce genre est couramment utilisée pour la réalisation de dalles industrielles sur mauvais sol, nécessitant pour bénéficier d'un appui stable, d'appuyer les dalles sur un réseau de pieux fichés dans le sol plus stable à plusieurs mètres de profondeur. Suivant cette technique le plancher, armé de fibres d'acier uniquement, est posé sur des pieux espacés d'une

distance de 2,40 à 6 m suivant les cas, pour des épaisseurs respectivement de 20-25 cm à 30-40 cm, ce qui se caractérise donc par un rapport d'élancement (portée/épaisseur) compris entre 15 et 20.

Un tel plancher a par exemple été réalisé avec des fibres connues sous le  
5 nom TWINCONE (fibres droites à extrémités coniques), tel que décrit dans  
l'article "Twincone SFRC Structural Concrete" par Xavier Destrée (cf. Fiber  
Reinforced Concrete, Modern Developments, Editeurs : N.Banthia, S.Mindess,  
University of British Columbia, Vancouver, B.C. Canada, Mars 1995, pp. 77-86).  
Il y est question d'une portée de 5,66 m par 6 m pour une dalle de 35 cm  
10 d'épaisseur, soit d'élancement  $600/35=17$ , avec une surépaisseur de 15 cm par  
1 m x 1 m au dessus de chaque pieux, en utilisant un béton armé de  $45 \text{ kg/m}^3$   
de fibres d'acier TWINCONE.

Un autre exemple d'un tel plancher est présenté dans l'article intitulé  
"Structural Application Of Steel Fibre As Principal Reinforcing: Conditions-  
15 Design-Examples", par Xavier Destrée (cf. RILEM Proceedings PRO 15, of the  
Fifth International Rilem Symposium, Fibre-Reinforced Concretes(FRC) BEFIB  
2000, Lyon, France 13-15 septembre 2000, Editeurs P. Rossi et G. Chanvillard,  
pp. 291-301). On y décrit une réalisation de portée 3,60 m par 3,60 m d'un  
plancher de 25 cm d'épaisseur, donc d'élancement  $360/25=14,4$ , armé de  
20  $45 \text{ kg/m}^3$  de fibres d'acier. Pour cette application, des fibres d'acier d'une  
longueur comprise entre 54 mm et 60 mm et d'un diamètre de 1 mm ont été  
utilisées à raison, selon les cas, de concentrations pondérales comprises entre  
40 et  $50 \text{ kg/m}^3$ .

Ces exemples de réalisations d'éléments structuraux en béton renforcé  
25 uniquement de fibres métalliques sont assez limités, et concernent des rapports  
d'élancement (portée/épaisseur) entre 15 et 20. En outre, les concentrations en  
fibres utilisées sont, en pratique, les maximales possibles en condition de  
chantier avec une formule de béton optimale permettant encore d'obtenir une  
ouvrabilité compatible avec les techniques de mélange, de transport et de pose  
30 du béton sur chantier.

Si cette technique de dalles sur pieux est intéressante pour la réalisation

de planchers industriels, elle n'est pas transposable pour la construction de dalles-plancher d'immeubles, par exemple, pour lesquelles on a à affaire à des rapports élancement plus élevés, de l'ordre de 25 à 35.

5 Afin d'armer des dalles-plancher d'un élancement de 25 à 35, il faudrait donc augmenter l'efficacité du renforcement obtenu par les fibres d'acier. Selon l'abondante littérature scientifique concernant les bétons armés de fibres d'acier, il apparaît qu'un facteur important est l'augmentation du coefficient de forme (Longueur /diamètre) des fibres (cf. Perumalsamy N. Balaguru, Surendra P.Shah dans "Fiber Reinforced Cement Composites", 1992 McGraw-Hill, 10 p.54 Chapitre 3) permettant ainsi d'augmenter la performance. Par conséquent, selon la pratique habituelle, il faudrait augmenter le coefficient de forme en réduisant le diamètre des fibres et en augmentant leur longueur, et on pourrait en outre améliorer leur ancrage ou encore augmenter la concentration pondérale en fibres d'acier.

15 Dans les applications connues décrites ici plus haut de dalles structurelles avec les fibres d'acier comme seule armature, il n'est pas possible, dans la pratique, d'augmenter le coefficient de forme et la concentration sous peine de rendre inutilisable le béton en conditions de chantier par manque d'ouvrabilité et mélange imparfait des fibres.

20 D'autres essais (cf. "Bending Test and Interpretation" par Lucie Vandewalle et David Dupont, Rilem proceedings PRO31 "Test and Design Methods for Steel Fibre Reinforced Concrete—Background and Experiences", 2003 , Edité par B. Schnütgen et L. Vandewalle, pp. 1-13) ont montré que des bétons de fibres parmi les plus performants, de type C25/30 avec 75 kg/m<sup>3</sup> de fibres de diamètre 25 0,9 mm et longueur 60 mm (L/d = 65), suivant les essais de flexions P-Cmod (crack mouth opening displacement), apportent seulement 30% d'augmentation de résistance ultime par rapport à la résistance de fissuration.

30 Ce supplément de résistance assez limité, malgré l'augmentation importante de concentration en fibres et du coefficient de forme, ne permet pas de répondre aux exigences de dimensionnement d'un plancher-dalle avec élancement entre 25 et 35.

En effet, dans un plancher-dalle, la contrainte de flexion résultant des moments de flexion est proportionnelle à  $(l/h)^2$ , le carré du rapport portée sur épaisseur, et il faudrait donc plus d'un doublement de la résistance à la flexion pour permettre un rapport d'élancement entre 25 et 35. Ainsi, les bétons de fibres traditionnels n'ont jusqu'à présent pas permis de réaliser des éléments structuraux avec un tel élancement.

En définitive, l'utilisation de bétons de fibres métalliques pour la réalisation d'éléments structuraux reste très limitée. En effet, on considère généralement que les fibres ne peuvent pas constituer une alternative au renforcement conventionnel, mais jouent uniquement un rôle de renforcement complémentaire. Par conséquent, selon la pratique générale, le renforcement conventionnel de barres d'acier doit être placé de sorte à supporter les efforts de traction, tranchants et de compression, alors que le rôle des fibres consiste à améliorer la résistance de la matrice. Dans ces bétons de fibres métalliques traditionnels, le dosage en fibres est typiquement de l'ordre de 30 à 50 kg/m<sup>3</sup>, et l'on emploie des fibres présentant un coefficient de forme entre 50 et 100.

Une exception aux bétons de fibres traditionnels est constituée par le béton ductile ultra haute performance (BUHP), tel que décrit dans WO 95/01316. Il s'agit d'un béton de haute technologie au comportement particulier qui est préparé à partir d'un mélange comprenant des éléments granulaires au plus égale à 800 µm et des fibres métalliques de longueur comprise entre 4 et 20 mm. Le rapport entre la longueur moyenne des fibres et la grosseur maximale des éléments granulaires est au moins égal à 10 et le volume des fibres métalliques est de préférence autour de 2,5 % du volume du béton après la prise, soit de l'ordre de 200 kg/m<sup>3</sup>. Ce mélange permet de fabriquer des éléments de béton sans armature métallique classique. Il est à noter que le BUHP est n'est pas comparable au béton traditionnel, car il ne comporte pas de granulats traditionnels (tous ses composants minéraux sont de taille inférieure à quelques millimètres) et contient des fibres de petites dimensions en une proportion très supérieure à la normale. Le BUHP a déjà été utilisé dans un certain nombre d'application de référence, mais on comprendra que le BUHP reste un béton de haute technologie, qui implique un coût de revient élevé et

qui n'est donc pas adapté pour une utilisation courante dans des constructions classiques.

Il apparaît donc que, mis à part pour le cas du BUHP, les bétons de fibres métalliques sans armature passive sont d'une utilisation réduite, et ne permettent notamment pas la réalisation d'éléments structurels du type dalle-plancher avec un élancement supérieur à 20.

Il serait bon de disposer d'un mélange de béton de fibres métalliques facile à mettre en œuvre et peu onéreux, qui permette la fabrication d'éléments de type plan avec un élancement élevé adaptés à des applications structurelles, et ce sans aucune armature traditionnelle.

***Description générale de l'invention revendiquée avec ses principaux avantages.***

Conformément à l'invention, un mélange de béton de fibres métalliques à base de ciment, d'éléments granulaires et d'eau comprend des fibres métalliques qui ont un diamètre compris entre 1,15 mm et 1,8 mm, et un coefficient de forme compris entre 35 et 45. La quantité de ces fibres métalliques dans le mélange est telle que la masse de celles-ci est d'au moins 80 kg/m<sup>3</sup> de béton durci. La quantité de fibres métalliques est donnée ici par rapport au volume du béton durci (après la prise), comme il est d'usage pour les bétons.

Par l'expression "coefficient de forme" on désigne le rapport longueur sur diamètre de la fibre. Si la fibre n'a pas une forme généralement cylindrique, on peut prendre en compte un diamètre correspondant à celui d'un cylindre de section équivalente. De plus, dans le cas où la fibre n'est pas droite, on peut utiliser comme longueur la mesure de la distance séparant les extrémités.

On prépare le mélange de béton selon l'invention en mélangeant et malaxant les constituants solides et de l'eau, de façon en soi connue. Une tel mélange, après malaxage, coulage et durcissement dans un moule ou coffrage, produit un corps solide en béton de fibres métalliques.

La présente invention concerne donc également un béton de fibres métal-

liques comprenant un corps de matrice cimentaire incluant des fibres métalliques et obtenu par durcissement d'un mélange hydraulique à base de ciment et d'eau, dans lequel les fibres métalliques ont un diamètre d'au moins 1,15 mm et de 1,8 mm au maximum, un coefficient de forme compris entre 35 et 45, et sont 5 dosées à raison d'au moins 80 kg/m<sup>3</sup> de béton.

On appréciera que le mélange de béton selon l'invention permet la réalisation d'un élément en béton de fibres métalliques avec un rapport d'élancement supérieur à 20, et notamment de l'ordre de 25 à 35, qui présente un bon renforcement en flexion et effort tranchant, et est donc utilisable dans des 10 application structurelles.

Ainsi, le mélange de béton selon l'invention permet la réalisation d'éléments de béton à usage structurel avec un élancement élevé, et ce sans armatures traditionnelles. La présente invention, qui propose donc un renforcement uniquement par des fibres métalliques au lieu de les utiliser en 15 complément de barres ou treillis métalliques, utilise en outre un dimensionnement de fibres inhabituel. En effet, de manière surprenante et contrairement à la pratique conventionnelle, les performances du béton selon l'invention sont obtenues avec des fibres métalliques qui ont un faible coefficient de forme et un diamètre plus important qu'à l'habitude. En outre, les fibres sont ajoutées dans 20 des quantités sensiblement supérieures à la pratique habituelle.

On appréciera encore que le mélange de béton selon l'invention permet de réaliser un béton armé et prêt à l'emploi qui présente une grande ouvrabilité et une bonne pompage, et est donc compatible avec les techniques de mélange, transport et pose du béton sur chantier.

25 Alors qu'on considère généralement que les bétons de fibres traditionnels sans armatures ne peuvent pas être utilisés comme bétons de structure, c'est-à-dire pour la fabrication de poutres, poteaux ou dalles, le béton selon l'invention constitue au contraire un matériau particulièrement bien adapté pour de telles applications. On notera également que grâce à son comportement 30 amélioré, le béton selon l'invention est particulièrement adapté pour des éléments structurels plans tels que des dalles-planchers dont le rapport d'élanc-

cement peut aller jusqu'à 35. Le mélange de béton selon l'invention pourra donc être avantageusement utilisé pour la réalisation de dalles-plancher coulées en place sur coffrage, éliminant ainsi le besoin d'armature traditionnelle, et simplifiant sensiblement la réalisation de nombre de constructions.

5 En proposant un mélange permettant la réalisation de tels éléments de béton, la présente invention surmonte le préjugé technique selon lequel un renforcement par fibres seules ne suffit pas pour des applications structurelles. En outre, les dimensions de fibres métalliques et le dosage sélectionnés pour la 10 réalisation du mélange de béton selon l'invention vont à l'encontre des considérations habituelles, qui recommandent une augmentation du coefficient de forme pour accroître l'efficacité du renforcement. Enfin, les dimensions des 15 fibres métalliques dans le mélange selon l'invention permettent de travailler à des dosages élevés, sans compromettre l'ouvrabilité du mélange.

Dans la pratique, l'élimination des barres d'acières et treillis métalliques 15 simplifie sensiblement la réalisation d'éléments en béton. Cela est particulièrement appréciable pour la réalisation d'éléments coulés en place sur coffrage, car les conditions de chantier peuvent être difficiles, mais également pour des éléments préfabriqués.

De préférence, les fibres métalliques ont un coefficient de forme de l'ordre 20 de 40, et leur longueur est comprise entre 45 et 65 mm. La quantité de fibres métalliques est telle qu'elle représente préférablement entre 80 et 180 kg/m<sup>3</sup> du béton durci. Un mélange de béton basé sur ces valeurs préférées permet notamment de garantir une bonne ouvrabilité et pompabilité du mélange. Cela permet une utilisation aisée du mélange selon l'invention à la manière d'un 25 béton prêt à l'emploi.

On utilisera de préférence des fibres métalliques fabriquées en fil d'acier, obtenues par exemple par tréfilage ou laminage. Bien que des fibres d'acier tréfilé droites et lisses soient préférées, on peut utiliser une variété de fibres métalliques de forme et rugosité de surface différentes, dans la mesure où elles 30 ont un coefficient de forme et un diamètre minimal conformes à l'invention. On pourra par exemple employer des fibres ondulées, crénelées, avec crochets ou

à extrémités aplatis, ou présentant une combinaison de ces moyens d'an-crage.

Mis à part les fibres métalliques, les autres composants du béton sont de préférence ceux des bétons traditionnels. Typiquement, le ciment a une taille de grains comprise entre 1 et 100  $\mu\text{m}$  et les éléments granulaires comprennent des éléments fins et grossiers, tels que par exemple du sable ayant une taille de grains entre 1 et 5 mm ainsi que des granulats de grosseur comprise entre 5 et 25 mm (dont les granulats de grosseur 5/15 mm constituent préféablement les deux tiers de la masse des éléments grossiers).

En outre, le mélange selon l'invention pourra comprendre un certain nombre d'adjuvants conventionnels, tels que plastifiant, super-plastifiant, accélérateur de durcissement, retardateur de prise, entraîneur d'air, etc.

Le mélange de béton selon l'invention est adapté, outre l'exemple particulier des dalles-planchers, à la réalisation d'une diversité d'éléments de béton, qu'ils soient structurels ou décoratifs. L'invention se révèle toutefois particulièrement intéressante pour la réalisation d'éléments structurels, puisque l'emploi d'armatures traditionnelles n'est plus nécessaire. On notera donc que le mélange selon l'invention peut être utilisé pour la réalisation d'éléments de bétons du type: dalle-plancher, voile, mur de soutènement, semelle de fondation, poutre ou colonne.

Un autre exemple d'application d'un béton selon l'invention concerne les radiers généraux qui sont formés d'une dalle générale sur laquelle s'érigent les colonnes ou les voiles depuis le niveau de fondation fini. Le radier est construit sous toute la surface d'emprise du bâtiment, donc sur toute sa longueur et sa largeur. L'épaisseur du radier est essentiellement fonction aussi de la nature du sol et de la surcharge occasionnée par le bâtiment. Généralement l'épaisseur pour les bâtiments courants est comprise entre 300 mm et 1000 mm. Un tel radier peut être construit au moyen d'un mélange de béton selon l'invention, où le béton armé de fibres remplace complètement le béton armé traditionnel.

***Description à l'aide des Figures***

D'autres particularités et caractéristiques de l'invention ressortiront de la description détaillée de quelques modes de réalisation avantageux présentés ci-dessous, à titre d'illustration, en se référant aux dessins annexés. Ceux-ci montrent:

- 5 Fig.1: une courbe charge – flèche pour une dalle circulaire (A) de 1,50 m de diamètre fabriquée avec le mélange 1;
- Fig.2: une courbe charge – flèche pour une dalle circulaire (A) de 1,50 m de diamètre fabriquée avec le mélange 2
- Fig.3: une courbe charge – flèche pour une dalle circulaire (B) de 2,00 m de diamètre fabriquée avec le mélange 1; et
- 10 Fig.4: une courbe charge – flèche pour une dalle circulaire (B) de 2,00 m de diamètre fabriquée avec le mélange 2.

Quelques exemples de réalisation de dalles fabriquées avec un béton selon l'invention sont décrits plus en détails ci-dessous.

- 15 Ces dalles sont obtenues à partir de variantes préférées du présent mélange de béton, et sont à base de ciment, d'éléments granulaires fins et grossiers et d'eau, et comprennent des fibres métalliques qui ont un diamètre dans l'intervalle de 1,15 mm à 1,8 mm, un coefficient de forme entre 35 et 45, et sont dosées à hauteur d'au moins 80 kg/m<sup>3</sup> de béton durci.
- 20 Un élément de béton obtenu avec un mélange selon l'invention présente une résistance élevée à la fissuration pour des élancements jusqu'à 35 et est avantageusement utilisable comme dalle-plancher, voile, mur de soutènement, poutre, colonne, semelle de fondation, radier, ou pour tout élément structurel ou décoratif.

**Exemple 1:**

Deux types de mélanges (mélanges 1 et 2) conformes à l'invention ont été réalisés pour confectionner des dalles circulaires, de diamètre 1,50 m et 15 cm d'épaisseur d'une part (type A), et de diamètre 2,00 m et 20 cm d'épaisseur d'autre part (type B).

Les proportions pour ces deux mélanges sont reportées dans le tableau 1 ci-dessous:

	mélange 1	mélange 2
teneur en ciment :	360 kg/m <sup>3</sup>	360 kg/m <sup>3</sup>
granulats de 0 à 15 mm	1800 kg/m <sup>3</sup>	1800 kg/m <sup>3</sup>
rapport Eau/Ciment	0,50	0,50
superplastifiant	1% de la quantité de ciment	1% de la quantité de ciment
fibres d'acier (en fil d'acier ondulé de résistance à la traction de 850 N/mm <sup>2</sup> )		
dosage :	120 kg/m <sup>3</sup>	100 kg/m <sup>3</sup>
diamètre :	1,15 mm	1,3 mm
longueur :	45 mm	50 mm

Tableau 1

On notera que ces formulations sont relativement classiques en ce qui 5 concerne les constituants traditionnels du béton, c'est-à-dire le ciment, les granulats et l'eau. Les mélanges obtenus présentaient une fluidité permettant la pose et le pompage du béton sans difficulté aucune.

Les dalles circulaires obtenues à partir de ces deux mélanges ont été 10 soumises à des essais de flexion. Ces dalles ont été appuyées le long de leur bord et soumises à une charge ponctuelle centrale avec enregistrement de la flèche au centre de celles-ci. Les résultats des essais sont illustrés sur les Figs.1 à 4, sur lesquelles les indices 1, 2 et 3 indiquent respectivement, la charge de fissuration, la charge maximale enregistrée et la charge résiduelle pour une flèche de respectivement 15 mm et 20 mm.

15 Les essais de flexion sur les dalles circulaires montrent que l'on obtient des charges ponctuelles de première fissuration de 90 kN pour le diamètre 1,50 m avec les mélanges 1 et 2 (voir figs.1 et 2) et de 180 kN pour le diamètre 2,00 m avec les mélanges 1 et 2 (voir Figs.3 et 4).

On obtient également des charges ponctuelles de rupture de respective- 20 ment 180 kN et 350 kN.

Pour des déflexions mesurées de plus de 15 et 20 mm respectivement pour la dalle de diamètre 1,50 m et 2,00 m, la charge ponctuelle résiduelle excédait encore sensiblement la charge de première fissure.

Notons encore que dans tous les cas, la face périphérique des dalles 5 après fin de l'essai comptait entre 15 et 30 fissures radiales, et enfin qu'aucun poinçonnement de ces dalles, dans tous les cas, n'a été constaté.

Ces constatations révèlent un comportement des ces dalles étant stable et contrôlé, très au-delà des limites élastiques et dépassant celles-ci de plus de 100% et donc pas seulement de 30% suivant la technique antérieure de renforcement par fibres décrite dans l'article "Bending Test and Interpretation" 10 de Lucie Vandewalle et David Dupont (voir plus haut).

Un mélange de béton du type 1 ou 2 convient par exemple pour la réalisation d'une dalle plancher d'étage type, d'épaisseur 20 cm et portée par des colonnes de 25 cm x 25 cm de section et espacées de 6 m dans les deux 15 directions x et y. Ce plancher supporte une charge de service d'au moins 7 kN/m<sup>2</sup>.

#### Exemple 2

Un autre exemple de béton selon l'invention permet la réalisation d'une dalle-plancher de 20 cm d'épaisseur, portée par des colonnes de 25 cm x 20 25 cm de section et espacées de 7 m suivant x et y. Ce plancher est soumis à une charge répartie de 10 kN/m<sup>2</sup>.

Le béton, dans ce cas, demeure de formulation identique au précédent (exemple 1) mais est armé au moyen de 150 kg/m<sup>3</sup> de fibres d'acier ondulées de diamètre 1,6 mm et de longueur 60 mm.

25 Exemple 3

Un troisième exemple concerne un radier de fondation installé sous un bâtiment de bureaux ou d'appartements comportant 11 niveaux au total, les colonnes ou les voiles étant espacés de 6 m et le radier étant posé sur un sol admettant une pression de service de 0,1 N/mm<sup>2</sup>. La surcharge sur les colonnes 30 atteint 3500 kN dans ce cas. Un radier de 600 mm d'épaisseur est prévu.

Les proportions du mélange sont les suivantes:

- ciment :  $350 \text{ kg/m}^3$
- granulats : sable 0/4 mm :  $800 \text{ kg/m}^3$

pierraille 4/14 mm : 800 kg/m<sup>3</sup>

5 pierraille 7/20 mm : 250 kg/m<sup>3</sup>

- eau :  $175 \text{ kg/m}^3$
- super-plastifiant :  $5 \text{ kg/m}^3$
- Fibres d'acier : diamètre : 1,3 mm ; longueur : 50 mm ; type ondulé et fil constitutif de  $800 \text{ N/mm}^2$ . Dosage :  $100 \text{ kg/m}^3$ .

10 Afin d'assurer de bonnes conditions de pompage, cette formulation comprend de préférence au moins 450 kg/m<sup>3</sup> de matières fines passant sous le tamis de 200 µm y compris le ciment. En cas de besoin, on peut compenser le défaut de fines par l'ajout d'un filler adéquat.

#### Exemple 4

15 Un autre mélange de béton selon l'invention est proposé ci-dessous :

ciment:  $350 \text{ kg/m}^3$ , et le reste comme à l'exemple 3, mais armé de fibres d'acier de 1,5 mm de diamètre et de longueur 60 mm, de forme ondulée ou avec des extrémités aplatis, mélangées à raison de  $140 \text{ kg/m}^3$  permettant la réalisation d'un plancher d'étage ayant:

- des colonnes de 300 x 300 mm
- une portée entre les colonnes: 7 m
- une épaisseur de la dalle: 220 mm
- une surcharge d'exploitation: 8 kN/m<sup>2</sup>

## Revendications

1. Mélange de béton de fibres métalliques à base de ciment, d'éléments granulaires et d'eau, comprenant des fibres métalliques ayant :
  - un diamètre compris entre 1,15 mm et 1,8 mm,
  - un coefficient de forme compris entre 35 et 45, et
- 5 dans lequel la quantité de ces fibres métalliques est telle que leur masse est d'au moins 80 kg/m<sup>3</sup> de béton durci.
2. Mélange de béton selon la revendication 1, dans lequel les fibres métalliques ont un coefficient de forme de l'ordre de 40.
3. Mélange de béton selon la revendication 1 ou 2, dans lequel les fibres 10 métalliques ont une longueur comprise entre 45 et 65 mm.
4. Mélange de béton selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le dosage en fibres métalliques est entre 80 et 180 kg/m<sup>3</sup>.
5. Mélange de béton selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le ciment a une taille de grains comprise entre 1 et 100 µm.
- 15 6. Mélange de béton selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les éléments granulaires comprennent du sable ayant une taille de grains entre 1 et 5 mm.
7. Mélange de béton selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les éléments granulaires comprennent des éléments grossiers 20 de grosseur comprise entre 5 et 25 mm.
8. Mélange de béton selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les fibres métalliques sont des fibres en fil d'acier.
9. Mélange de béton selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les fibres métalliques ont une forme droite, ondulée, crénelée ou 25 avec crochets, ou une combinaison de ces formes.
10. Elément de béton de fibres métalliques obtenu par coulage et durcissement

d'un mélange de béton selon l'une quelconque des revendications précédentes.

11. Elément de béton selon la revendication 10, lequel est obtenu par coulage dans un coffrage ou moule.

5 12. Elément de béton selon la revendication 10 ou 11, ledit élément ayant une forme généralement plane et un rapport d'élancement jusqu'à 35 et ne comportant pas d'armatures traditionnelles.

10 13. Utilisation d'un élément de béton selon l'une quelconque des revendications 10 à 12 comme élément structurel ou décoratif dans une construction, notamment comme dalle-plancher, voile, mur de soutènement, poutre, colonne, semelle de fondation ou radier.

15 14. Utilisation d'un mélange de béton selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 pour la réalisation, par coulage dans un moule ou coffrage, d'un élément structurel en béton tel qu'une dalle-plancher, un voile, un mur de soutènement, une semelle de fondation, un radier, une poutre ou une colonne.

15. Utilisation d'un mélange de béton selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 comme béton prêt à l'emploi.

1 / 2

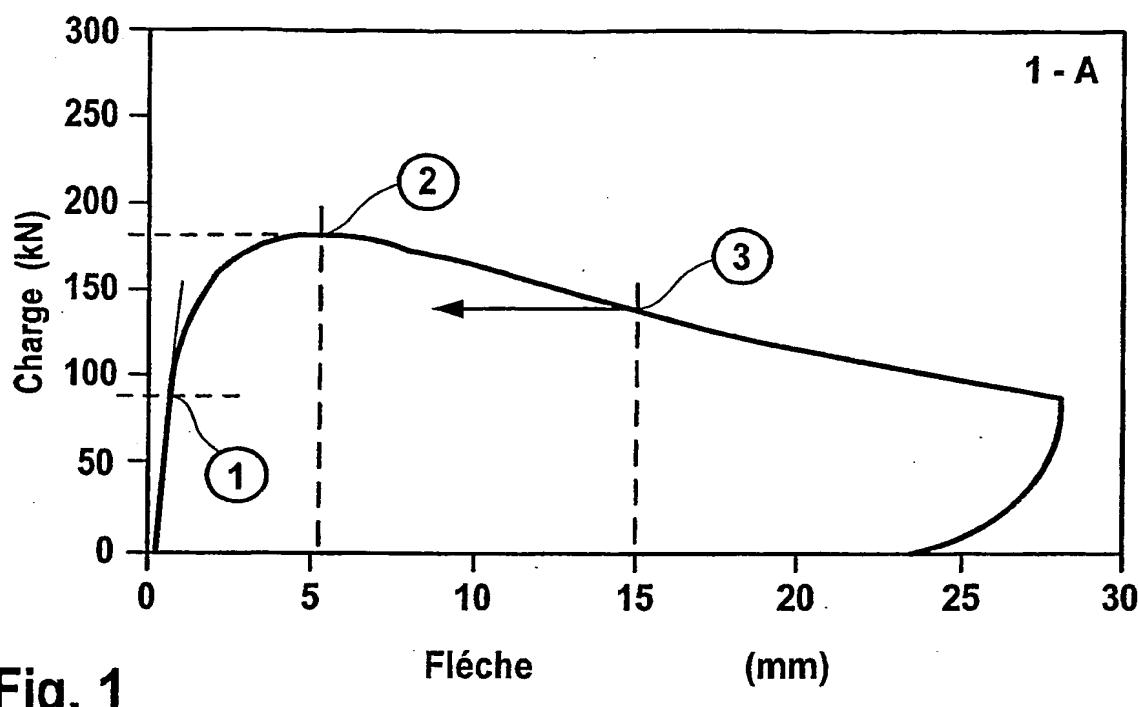


Fig. 1

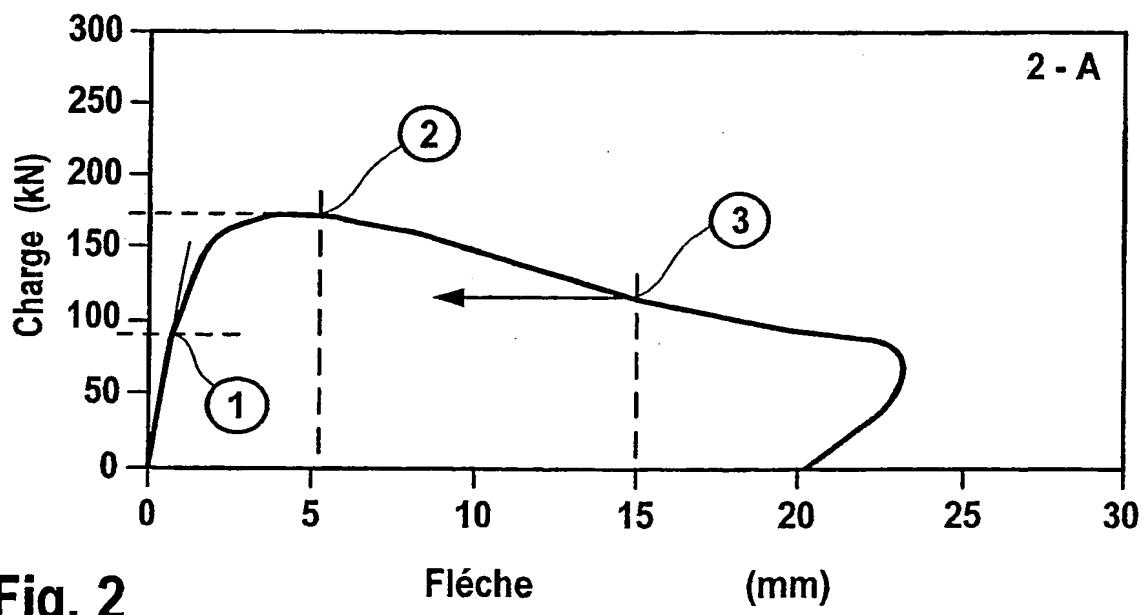


Fig. 2

2 / 2

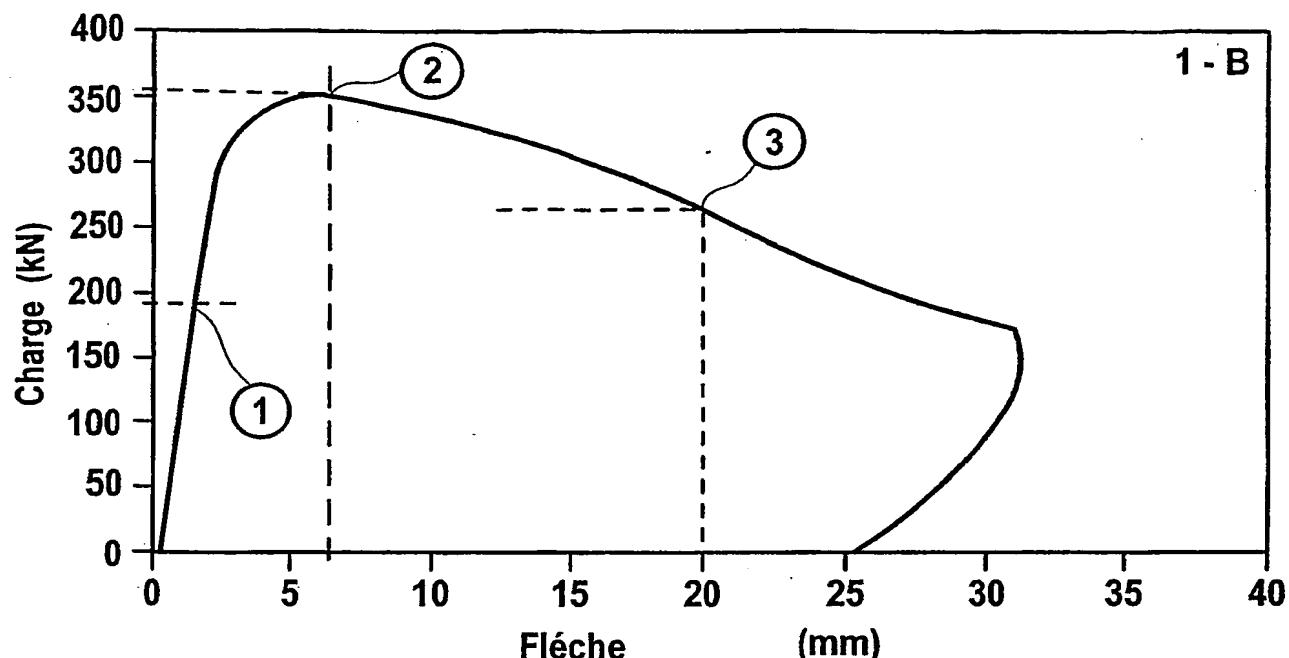


Fig. 3

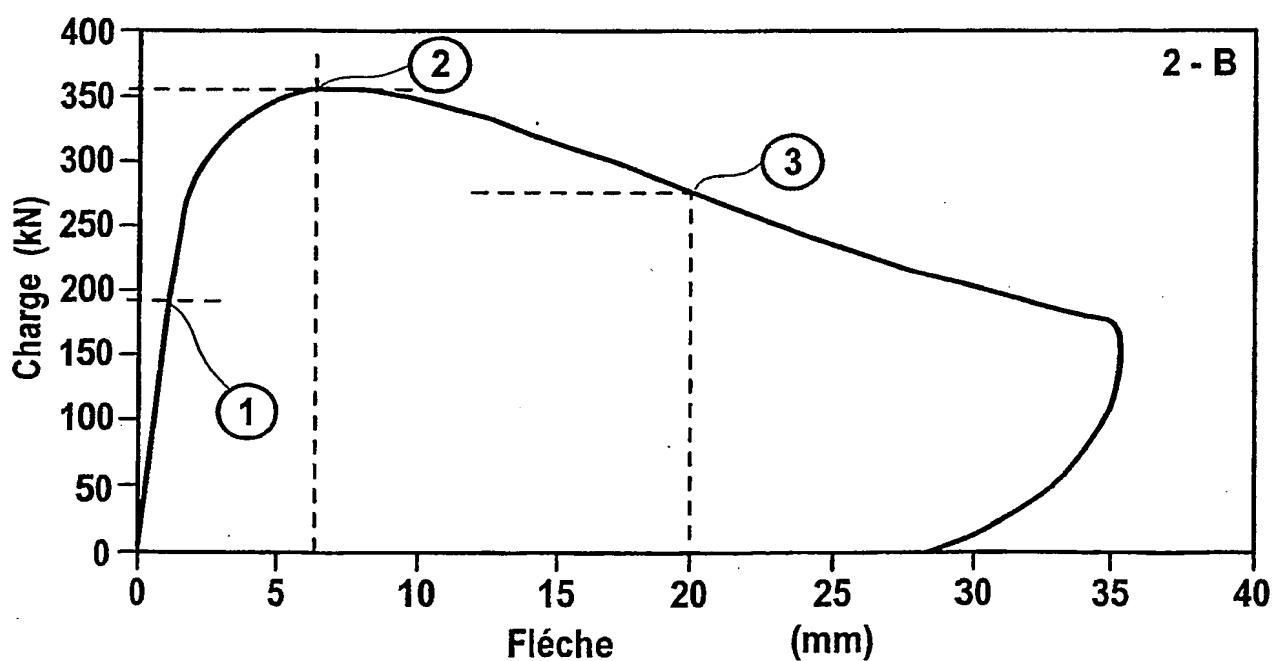


Fig. 4

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/053399A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 C04B14/48 C04B28/02 E04C5/01

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 C04B E04C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	XAVIER DESTRÉE: "Twincone SFRC Structural Concrete" FIBER REINFORCED CONCRETE, MODERN DEVELOPMENTS, May 1995 (1995-05), pages 77-86, XP008030512 VANCOUVER, CANADA cited in the application the whole document	1-15
A	WO 02/18291 A (CASANOVA PASCAL ; CHONG HU (FR); CLAVAUD BERNARD (FR); LAFARGE SA (FR)) 7 March 2002 (2002-03-07) abstract page 6, lines 14-16 page 9, lines 1-13 claim 1	1-15

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

## • Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

12 May 2005

01/06/2005

## Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5816 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

## Authorized officer

Burtan, M-M

DESI AVAILABLE COPY

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/053399

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>"Product Data Sheet - DRAMIX RL-45/50-BN" INTERNET CITATION, 'Online! 2002, XP002279408 Retrieved from the Internet: URL:<a href="http://www.bekaert.com/BUILDING/brochure/RL-4550-BN_groen_GB.pdf">http://www.bekaert.com/BUILDING/brochure/RL-4550-BN_groen_GB.pdf</a>&gt; 'retrieved on 2004-05-10! the whole document -----</p>	1-15

BEST AVAILABLE COPY

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/053399

Patent document cited in search report	Publication date		Patent family member(s)	Publication date
WO 0218291	A	07-03-2002	FR 2813601 A1	08-03-2002
			AU 8779301 A	13-03-2002
			BR 0113683 A	20-07-2004
			CA 2420775 A1	07-03-2002
			CN 1466555 A	07-01-2004
			EP 1315683 A1	04-06-2003
			WO 0218291 A1	07-03-2002
			JP 2004507431 T	11-03-2004
			US 2004050302 A1	18-03-2004
			ZA 200301717 A	29-03-2004

BEST AVAILABLE COPY

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No  
PCT/EP2004/053399

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
CIB 7 C04B14/48 C04B28/02 E04C5/01

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 C04B E04C

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	XAVIER DESTRÉE: "Twincone SFRC Structural Concrete" FIBER REINFORCED CONCRETE, MODERN DEVELOPMENTS, mai 1995 (1995-05), pages 77-86, XP008030512 VANCOUVER, CANADA cité dans la demande le document en entier	1-15
A	WO 02/18291 A (CASANOVA PASCAL ; CHONG HU (FR); CLAVAUD BERNARD (FR); LAFARGE SA (FR)) 7 mars 2002 (2002-03-07) abrégé page 6, ligne 14-16 page 9, ligne 1-13 revendication 1	1-15

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

### • Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*&\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

12 mai 2005

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

01/06/2005

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL- 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Burtan, M-M

## RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No  
PCT/EP2004/053399

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>"Product Data Sheet - DRAMIX RL-45/50-BN"  INTERNET CITATION, 'Online! 2002,  XP002279408</p> <p>Extrait de l'Internet:  URL:<a href="http://www.bekaert.com/BUILDING/brochures/RL-4550-BN_groen_GB.pdf">http://www.bekaert.com/BUILDING/brochures/RL-4550-BN_groen_GB.pdf</a>&gt;  'extrait le 2004-05-10!  le document en entier</p> <p>-----</p>	1-15

BEST AVAILABLE COPY

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Demande Internationale N°  
PCT/EP2004/053399

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
WO 0218291	A 07-03-2002	FR	2813601 A1	08-03-2002
		AU	8779301 A	13-03-2002
		BR	0113683 A	20-07-2004
		CA	2420775 A1	07-03-2002
		CN	1466555 A	07-01-2004
		EP	1315683 A1	04-06-2003
		WO	0218291 A1	07-03-2002
		JP	2004507431 T	11-03-2004
		US	2004050302 A1	18-03-2004
		ZA	200301717 A	29-03-2004

BETSI AVAILABLE COPY